



گزارش فنی

مقدمه

خندق آبراهه‌ای نسبتاً دائمی است که جریانات موقت آب در هنگام بارندگی از آن گذشته و مقدار بسیار زیادی رسوب را با خود حمل می‌نمایند [۴]. طی دو دهه‌ی اخیر مطالعات زیادی در رابطه با فرسایش خندقی صورت گرفته است. از آن جمله پواسن و همکاران [۱۰] اظهار داشتند با وجود تلاش‌های انجام گرفته، تعریف نظام مندی از عوامل محیطی کنترل‌کننده‌ی فرسایش خندقی (نظیر توپوگرافی، نوع خاک، کاربری اراضی و هیدرولوژی) ارایه نشده است. پژوهش‌های قدوسی و داوری [۱] در منطقه‌ی زنجانرود نشان داد که تراکم خندق‌ها در خاک‌های ریزدانه و بافت سنگین زیاد بوده است. سلیمانپور و همکاران [۳] تخریب اکوسیستم طبیعی و رشد سطوح فاقد پوشش در اثر افزایش طرح‌های توسعه‌ی عمرانی را از عوامل مهم افزایش سطح اراضی دارای فرسایش آب‌کنندی در استان فارس دانستند. زاخار [۱۵] بیان می‌کند که بیش تر خندق‌ها در کشور چکسلواکی در شیب ۱۰ درجه و در حدود ۹۰ درصد آن بین ۲ تا ۱۵ درجه تشکیل شده است. مطالعات زینک و همکاران [۱۶] بیانگر این نکته است که بیش از پنجاه درصد نواحی خندقی منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده‌ی شیب ۷-۴ درصد قرار داشته، اما شکل‌گیری فرسایش خندقی به تناسب شیب افزایش نمی‌یابد. صوفی [۱۱] طی مطالعه‌ای نشان داد که مهم‌ترین عوامل ایجاد خندق، شدت بالای بارندگی و تخریب پوشش گیاهی بوده و رواناب سطحی، فرآیند هیدرولوژیکی غالب در توسعه‌ی خندق است. گابریس و همکاران [۶] ایجاد و توسعه‌ی فرسایش خندقی را در تپه‌های مهورهای با شیب کم تر از ۱۲ درصد و اراضی شخم‌خورده در کشور مجارستان جدی ارزیابی نمودند.

با توجه به نتایج متفاوت به دست آمده از پژوهش‌های مورد اشاره، نظرات متنوعی در خصوص فرآیند فرسایش خندقی و عوامل موثر در وقوع آن مشاهده شده است.

با توجه به این که حوزه‌ی آبخیز سرخ‌آباد تحت تاثیر شدید این نوع فرسایش قرار داشته، هدف از این پژوهش ارزیابی وقوع فرسایش خندقی جهت کسب اطلاعات دقیق‌تر در راستای کنترل اثرات تخریبی آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در حوزه‌ی آبخیز سرخ‌آباد در جنوب شهرستان سوادکوه استان مازندران با وسعت ۲۵۰۰۰ هکتار واقع گردیده

ارزیابی وقوع فرسایش خندقی در حوزه‌ی آبخیز سرخ‌آباد مازندران با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی

بهنوش جعفری گرزین^۱ و عطاالله کاویان^۲

تاریخ دریافت: ۸۶/۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۸/۴/۱

چکیده

عوامل زیادی در شکل‌گیری و توسعه‌ی فرسایش خندقی دخالت دارند، بنابراین شناخت این عوامل و چگونگی تاثیر آنها منجر به موفقیت در اجرای طرح‌های مهار فرسایش خندقی می‌شود. بخش گسترده‌ای از حوزه‌ی آبخیز سرخ‌آباد، در منطقه‌ی سوادکوه استان مازندران تحت تاثیر این فرسایش، به مشکلات اقتصادی و اجتماعی دچار شده است. در این پژوهش با استفاده از سنجش از دور و سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی عواملی نظیر سنگ‌شناسی، شیب، جهت جغرافیایی، طبقات ارتفاعی، درصد پوشش گیاهی، کاربری اراضی، عمق خاک، گروه‌های هیدرولوژی خاک و فاصله از راه‌ها به عنوان عوامل موثر در شکل‌گیری و توسعه‌ی خندق مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور لایه‌های اطلاعاتی عوامل یاد شده، در ۵ منطقه‌ی خندقی حوضه مورد بررسی قرار گرفته و با محاسبه‌ی شاخص تراکم وزنی عوامل گوناگون، نقش این عوامل در وقوع فرسایش خندقی ارزیابی شد. نتایج پژوهش نشان داد نزدیک به ۴۸ درصد از سطح حوضه از نظر فرسایش خندقی، در نقشه حساسیت در طبقه‌ی بالا قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: فرسایش خندقی، سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سرخ‌آباد

۱. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران

b_jafari96@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول و استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی

و منابع طبیعی ساری Sanru.ac.ir@kelarestaghi.a

بحث و نتیجه گیری

بررسی مقادیر شاخص وزنی نشان داد که مناطق واقع در شیب ۳۰ تا ۶۵ درصد، جهت تشکیل فرسایش خندقی مستعدتر بوده (۰/۱۵۴۰) و اراضی با شیب های کم تر به میزان کم تری در معرض فرسایش خندقی قرار دارند. نتایج پژوهش های کوکال و ماتارو [۸] نیز نشان داد در حوزه های آبخیز پر شیب، تراکم و ترکیب خندق نسبت به سایر حوضه ها بیش تر است. اگرچه نتایج به دست آمده از برخی پژوهش های (گابریس و همکاران [۶]، زاخار [۱۵] و زینک و همکاران [۱۶]) بیانگر وقوع پدیده ی فرسایش خندقی در اراضی کم شیب و در مواردی تحت تاثیر فرآیند انحلال می باشد، اما شرایط هیدرولوژیکی حاکم بر منطقه ی مورد مطالعه در این پژوهش، موجب افزایش سرعت رواناب ناشی از اراضی بالادست و افزایش انرژی کنش و انتقال ذرات خاک در آبراهه های فرسایشی مربوط به شیب های ۳۰ تا ۶۵ درصد شده و امکان ایجاد فرسایش خندقی را فراهم نموده است.

مقادیر شاخص وزنی سنگ شناسی نشان داد که حساس ترین مناطق به فرسایش خندقی مناطق با تناوب سنگ های سخت و سست می باشند (تناوب ماسه سنگ، شیل مارن ماسه ای قرمز (۱/۱۶)، تناوب آهک و رس (۰/۹۸)، تناوب سنگ آهک خاکستری سیاه و مارن (۰/۵۹)) که با توجه به تفاوت رفتار نسبت به رطوبت، فشار، حرارت، هوادیدگی و تجزیه ی شیمیایی بسیار ناپایدار بوده و شرایط را جهت تشکیل فرسایش خندقی فراهم می کنند. سنگ های سخت و آذرین و سنگ های خوب لایه بندی شده حساسیت پایینی به وقوع فرسایش خندقی نشان دادند.

از نظر کاربری اراضی، پتانسیل فرسایش خندقی در مناطق با پوشش درختچه ی تنک بیش تر از سایر مناطق بوده (۰/۶۲۸۳) و در اراضی جنگلی (۱/۸۲-) و اراضی درختچه ای انبوه (۰/۸۹-) با توجه به مقدار شاخص وزنی کم تر، پتانسیل وقوع فرسایش خندقی کم تر است. بالاترین شاخص وزنی درصد پوشش گیاهی که بیانگر پتانسیل زیاد وقوع فرسایش خندقی است، با مقدار ۰/۱۱، مربوط به مناطق با درصد پوشش گیاهی کم تر از ۳۰ درصد بوده و کم ترین مقدار شاخص وزنی با مقدار ۰/۱۳- مربوط به اراضی با درصد پوشش گیاهی ۷۰-۵۰ درصد است. نقش کنترلی و اثر مثبت پوشش گیاهی در کاهش فرسایش خندقی به وسیله ی سلیمانپور و همکاران [۳]، صوفی [۱۱]، بورکاد و کوستاشوک [۵]، و ندال و همکاران [۱۲] نیز بیان شده است.

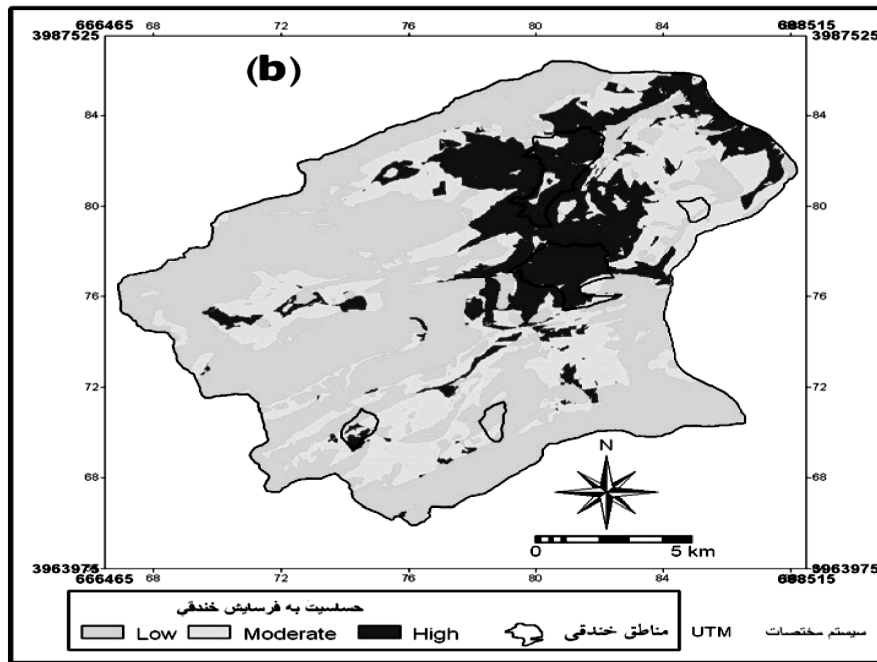
همچنین خاک های با عمق متوسط تا نسبتاً عمیق مقدار شاخص وزنی بالاتری داشته (۰/۳۰۸۵) و بیش تر در معرض تشکیل فرسایش خندقی قرار دارند. همچنین مقدار شاخص وزنی گروه های هیدرولوژیکی B و D به ترتیب با مقادیر ۰/۲۱ و ۰/۱۵، بالاتر بوده، لذا این واحدها بیش تر در معرض تشکیل خندق قرار دارند. نتایج بررسی راه ها نشان داد شاخص وزنی مربوط به گروه ۱۰۰-۰ متر از دو طرف جاده ها بالاترین مقدار شاخص وزنی

است. اقلیم حوزه بر اساس روش دومارتن اصلاح شده، اقلیم کوهستانی و در بخش هایی نیز مرطوب و نیمه خشک سرد می باشد [۲]. در این پژوهش نقش و میزان دخالت عواملی نظیر توپوگرافی (پواسن و همکاران [۱۰]، گابریس و همکاران [۶]، زینک و همکاران [۱۶])، پوشش گیاهی و کاربری اراضی (کوکال و ماتارو [۸]، سنگ شناسی (اوستودیدنس و همکاران [۹])، اقلیم (واندکرف و همکاران [۱۳]) و خاک (استانبولوغلو و همکاران [۷]) در وقوع فرسایش خندقی مورد بررسی قرار گرفت. با ایجاد مدل رقومی ارتفاع (DEM)، نقشه های طبقات ارتفاعی، شیب و جهت تهیه گردید. نقشه ی زمین شناسی منطقه رقومی شد و با انجام اصلاحات بر اساس باز دیده های میدانی نقشه سنگ شناسی استخراج گردید. نقشه ی ژئومرفولوژی حوضه حاصل از مطالعات حوزه ی آبخیز سرخ آباد [۲] پس از انجام اصلاحات از طریق تفسیر چشمی تصویر باند پانکروماتیک سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷، تفسیر نقشه زمین شناسی و باز دید صحرائی، به هنگام سازی شد و نقشه ی سطح اراضی خندقی استخراج گردید.

نقشه ی فاصله از راه های حوزه با رقومی سازی نقشه ی راهها و تشکیل نقشه ی حایل (بافر) و کلاسه بندی نقشه به طبقات مشخص در محیط GIS ساخته شد. نقشه ی رقومی کاربری اراضی نیز با تفسیر چشمی تصویر باند پانکروماتیک سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷، سال ۲۰۰۲ و باز دیده های صحرائی تهیه شد. نقشه های درصد پوشش گیاهی، عمق خاک، گروه های هیدرولوژیکی خاک حاصل از مطالعات شناسایی توجیهی حوزه ی آبخیز سرخ به وسیله ی مدیریت آبخیزداری استان مازندران [۲] پس از به هنگام سازی بر اساس تفسیر چشمی تصویر باند ۸ (پانکروماتیک) سنجنده ETM+ و باز دیده های صحرائی مورد استفاده قرار گرفت. سپس مقادیر شاخص وزنی هر لایه ی اطلاعاتی و طبقات گوناگون آنها بر اساس رابطه ی ۱ مورد بررسی و تفسیر قرار گرفت [۱۴]. مقادیر بیش تر شاخص وزنی نشان دهنده ی مشارکت بیش تر آن عامل در وقوع فرسایش خندقی دارد.

$$\ln W_i = \ln \left(\frac{\text{Densclas}}{\text{Densmap}} \right) = \ln \left(\frac{\frac{\sum \text{Npix}(\text{Si})}{\sum \text{Npix}(\text{Ni})}}{\sum \text{Npix}(\text{Si})}}{\sum \text{Npix}(\text{Ni})} \right) \quad (1)$$

که \ln : لگاریتم طبیعی، W_i : وزن یک طبقه یا کلاس معین از یک پارامتر، Densclas : تراکم مناطق خندقی در بین طبقات یک پارامتر Densmap : تراکم مناطق خندقی در کل حوزه، $\text{Npix}(\text{Si})$: تعداد پیکسل های خندقی در یک طبقه ی معین از یک پارامتر، $\text{Npix}(\text{Ni})$: تعداد کل پیکسل یک طبقه ی معین از یک پارامتر. سپس لایه های اطلاعاتی اولیه با استفاده از مقادیر وزنی محاسبه شده بار دیگر طبقه بندی و نقشه ی پتانسیل وقوع فرسایش خندقی با استفاده از عملگر جمع نرم افزار ILWIS استخراج شد [۱۴].



شکل ۱- نقشه‌ی نهایی پتانسیل وقوع خطر فرسایش خندقی

4- Bacellar, L.A.P., Netto, A.L.C. and Lacerada, W.A. 2000. Controlling factors of gullying in the Maracuja catchment, southeastern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms* 25(11), pp 1201-1220.

5- Burkard, M.B. and Kostaschuck, R.A. 1995. Initiation and evolution of gullies along the shore line of Lake Huron. *Geomorphology*. Vol.14: pp 211 - 219.

6- Gabris, G., Kertesz, A. and Zambo, L. 2003. Land use change and gully formation over the last 200 years in hilly catchment, *Catena*, 50, pp 151-164.

7- Istanbuluoglu, E., Bras, R.L. and Flores-Cervantes, H. 2005. Implication of bank failures and fluvial erosion for gully development: Field observations and modeling, *Journal of Geophysical Research*, 110, F01014, doi: 10.1029/2004JF145.

8- Kukal, S.S. and Matharu, G.S. 2002. Behavior of gully erosion in relation to catchment characteristics in foothills of lower Shivaliks. Proc. 17th WCSS, 14-21 August 2002, Thailand, pp 628-1 to 628-6.

(۰/۵۳۳۶) را به خود اختصاص داده است. افزایش جریان‌های سطحی در اثر جاده‌سازی و ایجاد ترانشه‌ها، برش‌های جاده و ناپایدار نمودن خاک‌ها (باسلار و همکاران [۴]) از دلایل در معرض خطر بودن مناطق نزدیک راهها می‌باشد.

در مرحله‌ی بعد نقشه‌ی نهایی پتانسیل وقوع فرسایش خندقی با جمع جبری نقشه‌های وزنی لایه‌های اطلاعاتی اولیه در سه طبقه پتانسیل بالا، متوسط و پایین تفکیک گردید (شکل ۱).

نتایج نشان داد نزدیک به ۱۳۰۰۰ هکتار (۵۲ درصد) از سطح حوضه دارای پتانسیل پایین، ۷۴۰۰ هکتار (۳۰ درصد) پتانسیل متوسط و در حدود ۴۶۰۰ هکتار (۱۸ درصد) جزو نواحی با پتانسیل بالا جهت وقوع فرسایش خندقی پیش‌بینی می‌شوند.

منابع

۱- قدوسی، ج. و داوری، م. ۱۳۸۴. بررسی خصوصیات اقلیمی و مورفولوژیکی آبکندها (مطالعه موردی: استان قم). مجموعه مقالات سومین همایش فرسایش و رسوب، ۶ تا ۹ شهریور ۱۳۸۴. تهران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، ۳۴۲-۳۴۸.

۲- مدیریت آبخیزداری جهاد مازندران. ۱۳۷۳. مطالعات شناسایی توجیهی حوزه‌ی آبخیز سرخ‌آباد، ۶۷۵ ص.

۳- سلیمانپور، س.م.، صوفی، م. و احمدی، ح. ۱۳۸۷. بررسی نقش کاربری‌های گوناگون اراضی در ایجاد فرسایش آبکنده در استان فارس، مجله‌ی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، شماره ۳، صفحات ۶۶-۶۸.

Deluna, E. 2000. Characteristics and controlling factors of bank gullies in two semi-arid Mediterranean environments, *Journal of Geomorphology*, 33, pp 37-58.

14- Van Westen, C.J. 1997. Statistical landslide hazard analysis, Pp73-85, In: *The Integrated Land and Water Information System (ILWIS) Applications Guide*, Chapter 5. International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciences Enschede, The Netherlands, ILWIS Department, ITC, October 1997.

15- Zachar, D. 1982. *Soil erosion*. Elsevier scientific publishing company. 584p .

16- Zinck, A., Lopez, J., Metternich, G.I., Shrestha, D.P. and Vazquez-Selem, L. 2001. Mapping and modelling mass movement and gullies in mountainous areas using remote sensing and GIS techniques. *JAG*. Vol. 3(1) pp 44-53.

9- Oostwoud Wijdenes, D.J., Poesen, J., Vandekerckhove, L. and Ghesquiere, M. 2000. Spatial distribution of gully head activity and sediment supply along an ephemeral channel in a Mediterranean environment. *Catena*, 39, pp 147-167.

10- Poesen, J., Nachtergaele, J., Verstraeten, G. and Valentin, C. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. *Catena*, 50, pp 91-133.

11- Soufi, M. 2002. Characteristics and causes of gully erosion in Iran. *Proc. 12th ISCO conference*. Beijing. pp 589-593.

12- Vandaele, K., Poesen, J., Govers, G. and Wesemael, B. 1995. Geomorphic threshold conditions for ephemeral gully incision. *Geomorphology*. Vol.16: 161 - 173 .

13- Vandekerckhove, L., Poesen, J., Oostwoud Wijdenes, D., Gyssels, G., Beuselinck L. and